

REC'D 03 DEC 1999

09/581313  
PCT/JP99/05655

13.10.99 #3

日本国

特許庁

PATENT OFFICE  
JAPANESE GOVERNMENT

別紙添付の書類に記載されている事項は下記の出願書類に記載されている事項と同一であることを証明する。

This is to certify that the annexed is a true copy of the following application as filed with this Office.

出願年月日  
Date of Application:

1998年10月13日

出願番号  
Application Number:

平成10年特許願第291218号

出願人  
Applicant(s):

セイコーエプソン株式会社

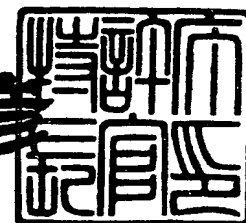
PRIORITY  
DOCUMENT

SUBMITTED OR TRANSMITTED IN  
COMPLIANCE WITH RULE 17.1(a) OR (b)

1999年11月19日

特許庁長官  
Commissioner,  
Patent Office

近藤隆彦



出証番号 出証特平11-3079348

【書類名】	特許願
【整理番号】	J0071713
【提出日】	平成10年10月13日
【あて先】	特許庁長官 殿
【国際特許分類】	G02B 26/08
【発明の名称】	マイクロマシン及びマイクロマシンの製造方法及び空間 光変調装置及び空間光変調装置の製造方法
【請求項の数】	38
【発明者】	
【住所又は居所】	長野県諏訪市大和3丁目3番5号 セイコーエプソン株 式会社内
【氏名】	上島 俊司
【発明者】	
【住所又は居所】	長野県諏訪市大和3丁目3番5号 セイコーエプソン株 式会社内
【氏名】	米窪 政敏
【発明者】	
【住所又は居所】	長野県諏訪市大和3丁目3番5号 セイコーエプソン株 式会社内
【氏名】	武田 高司
【発明者】	
【住所又は居所】	長野県諏訪市大和3丁目3番5号 セイコーエプソン株 式会社内
【氏名】	西川 尚男
【特許出願人】	
【識別番号】	000002369
【氏名又は名称】	セイコーエプソン株式会社
【代表者】	安川 英昭

【代理人】

【識別番号】 100093388

【弁理士】

【氏名又は名称】 鈴木 喜三郎

【連絡先】 0266-52-3139

【選任した代理人】

【識別番号】 100095728

【弁理士】

【氏名又は名称】 上柳 雅誉

【選任した代理人】

【識別番号】 100107261

【弁理士】

【氏名又は名称】 須澤 修

【手数料の表示】

【予納台帳番号】 013044

【納付金額】 21,000円

【提出物件の目録】

【物件名】 明細書 1

【物件名】 図面 1

【物件名】 要約書 1

【包括委任状番号】 9711684

【プルーフの要否】 要

【書類名】 明細書

【発明の名称】 マイクロマシン及びマイクロマシンの製造方法及び空間光変調装置及び空間光変調装置の製造方法

【特許請求の範囲】

【請求項1】 可動可能な第1の構造物と、該第1の構造物上に形成される第2の構造物とからなるマイクロマシンにおいて、前記第2の構造物が、前記第1の構造物上に型転写によって形成された事の特徴とするマイクロマシン。

【請求項2】 請求項1のマイクロマシンにおいて、前記第1の構造物がフォトリソグラフィ工程を経て作られた事の特徴とするマイクロマシン。

【請求項3】 請求項1のマイクロマシンにおいて、前記第1の構造物上に位置しない第3の構造物を更に有し、前記第2の構造物と前記第3の構造物が同一の型から転写されて形成された事の特徴とするマイクロマシン。

【請求項4】 可動可能な第1の構造物と、該第1の構造物上に形成される第2の構造物とからなるマイクロマシンにおいて、前記第1の構造物上に光造形によって前記第2の構造物が形成された事の特徴とするマイクロマシン。

【請求項5】 可動可能な第1の構造物と、該第1の構造物上に第2の構造物を形成するマイクロマシンの製造方法において、前記第1の構造物上に型転写によって前記第2の構造物を形成することを特徴とするマイクロマシンの製造方法。

【請求項6】 請求項5のマイクロマシンの製造方法において、前記第1の構造物をフォトリソグラフィ工程を経て製造する事の特徴とするマイクロマシンの製造方法。

【請求項7】 請求項5のマイクロマシンの製造方法において、前記第1の構造物の周辺に設けられた犠牲層をエッチングするエッチング工程の前に、前記第2の構造物を型転写工程にて形成することを特徴とするマイクロマシンの製造方法。

【請求項8】 請求項5のマイクロマシンの製造方法において、前記第2の構造物を型転写で形成した後に、前記第2の構造物の転写時に転写された第2の構造物の周辺の不要部位を除去する事の特徴とするマイクロマシンの製造方法。

【請求項9】 請求項5のマイクロマシンの製造方法において、型転写に用いる型形成にシリコン基板を用い、形状を異方性エッチングと等方向エッチングを組み合わせて形成する事を特徴とするマイクロマシンの製造方法。

【請求項10】 請求項5のマイクロマシンの製造方法において、前記第2の構造物を型転写するエリアに金属膜を有しない事を特徴とするマイクロマシンの製造方法。

【請求項11】 請求項5のマイクロマシン製造方法において、前記第2の構造物を型転写する型に光りが透過する部材を用いる事を特徴とするマイクロマシンの製造方法。

【請求項12】 請求項5のマイクロマシンの製造方法において、前記第2の構造物を型転写する際、1次型から反転型である2次型を転写し、該2次型を用いて前記第2の構造物を型転写する事を特徴とするマイクロマシンの製造方法。

【請求項13】 請求項5のマイクロマシンの製造方法において、前記第1の構造物及び前記第1の構造物の周辺を平坦化处理した後に、前記第2の構造物を形成する事を特徴とするマイクロマシンの製造方法。

【請求項14】 請求項5のマイクロマシンの製造方法において、前記第1の構造物上に型転写により前記第2の構造物を形成する前に、前記第1の構造物の周辺に犠牲層を設けた事を特徴とするマイクロマシンの製造方法。

【請求項15】 請求項5のマイクロマシンの製造方法において、型転写を行なう工程で樹脂内の気泡を取り去る手段として、周囲の圧力に比べ型転写工程での圧力を低くした状態の過程を設ける事を特徴とするマイクロマシンの製造方法。

【請求項16】 請求項5のマイクロマシン製造方法において、型転写を行なう工程で樹脂内の気泡を取り去る手段として、周囲環境を真空状態にする過程を設ける事を特徴とするマイクロマシンの製造方法。

【請求項17】 請求項5のマイクロマシンにおいて、前記第2の構造物を樹脂で形成する事を特徴とするマイクロマシンの製造方法。

【請求項18】 可動可能な第1の構造物と、該第1の構造物上に設けられた第2の構造物と、前記第1の構造物上に無い第3の構造物とを有するマイクロマシンにおいて、前記第2の構造物と前記第3の構造物とを同一の型から転写する事を

特徴とするマイクロマシンの製造方法。

【請求項19】 可動可能な第1の構造物と、該第1の構造物上に形成される第2の構造物と、からなるマイクロマシンにおいて、前記第1の構造物上に光造形によって前記第2の構造物を形成する事を特徴とするマイクロマシンの製造方法。

【請求項20】 可動可能な第1の構造物と、該第1の構造物上に形成される第2の構造物からなる空間光変調装置において、前記第2の構造物が、前記第1の構造物上に型転写によって形成された事を特徴とする空間光変調装置。

【請求項21】 請求項20の空間光変調装置において、前記第1の構造物がフトリソグラフィ工程を経て作られた事を特徴とする空間光変調装置。

【請求項22】 請求項20の空間光変調装置において、前記第1の構造物上に形成された前記第2の構造物と、前記第1の構造物上に位置しない第3の構造物を更に有し、前記第2の構造物と前記第3の構造物が同一の型から転写されて形成された事を特徴とする空間光変調装置。

【請求項23】 可動可能な第1の構造物と、該第1の構造物上に形成された第2の構造物とからなる空間光変調装置において、前記第1の構造物上に光造形によって前記第2の構造物が形成された事を特徴とする空間光変調装置。

【請求項24】 可動可能な第1の構造物と、該第1の構造物上に第2の構造物を形成する空間光変調装置の製造方法において、前記第1の構造物上に型転写によって前記第2の構造物を形成することを特徴とする空間光変調装置の製造方法。

【請求項25】 請求項24の空間光変調装置の製造方法において、前記第1の構造物をフトリソグラフィ工程を経て製造する事を特徴とする空間光変調装置の製造方法。

【請求項26】 請求項24の空間光変調装置の製造方法において、前記第1の構造物の周辺に設けられた犠牲層をエッチングするエッチング工程の前に前記第2の構造物を型転写工程にて形成することを特徴とする空間光変調装置の製造方法。

【請求項27】 請求項24の空間光変調装置の製造方法において、前記第2の構造物を型転写で形成した後に、前記第2の構造物の転写時に転写された前記第2の構造物の周辺の不要部位を除去する事を特徴とする空間光変調装置の製造方法。

【請求項 28】 請求項 24 の空間光変調装置の製造方法において、型転写に用いる型の形成にシリコン基板を用い、形状を異方性エッチングと等方向エッチングを組み合わせて形成する事を特徴とする空間光変調装置の製造方法。

【請求項 29】 請求項 24 の空間光変調装置の製造方法において、前記第2の構造物を型転写するエリアに金属膜を有しない事を特徴とする空間光変調装置の製造方法。

【請求項 30】 請求項 24 の空間光変調装置の製造方法において、前記第2の構造物を型転写する型に光りが透過する部材を用いる事を特徴とする空間光変調装置の製造方法。

【請求項 31】 請求項 24 の空間光変調装置の製造方法において、前記第2の構造物を型転写する際、1次型から反転型である2次型を転写し、該2次型を用いて構造物を型転写する事を特徴とする空間光変調装置の製造方法。

【請求項 32】 請求項 24 の空間光変調装置の製造方法において、前記第1の構造物を平坦化处理した後に、前記第2の構造物を形成する事を特徴とする空間光変調装置の製造方法。

【請求項 33】 請求項 24 の空間光変調装置の製造方法において、前記第1の構造物上に型転写により前記第2の構造物を形成する前に、前記第1の構造物の周辺に犠牲層を設けた事を特徴とする空間光変調装置の製造方法。

【請求項 34】 請求項 24 の空間光変調装置の製造方法において、型転写を行なう工程で樹脂内の気泡を取り去る手段として、周囲の圧力に比べ型転写工程での圧力を低くした状態の過程を設ける事を特徴とする空間光変調装置の製造方法。

【請求項 35】 請求項 24 の空間光変調装置の製造方法において、型転写を行なう工程で樹脂内の気泡を取り去る手段として、周囲環境を真空状態の過程を設ける事を特徴とする空間光変調装置の製造方法。

【請求項 36】 請求項 24 の空間光変調装置の製造方法において、前記第2の構造物を樹脂で形成する事を特徴とする空間光変調装置の製造方法。

【請求項 37】 可動可能な第 1 の構造物と、該第 1 の構造物上に設けられた第 2 の構造物と、前記第 1 の構造物上に無い第 3 の構造物とを有する空間光変調装置において、前記第 2 の構造物と前記第 3 の構造物とを同一の型から転写する事を特徴とする空間光変調装置の製造方法。

【請求項 38】 可動可能な第 1 の構造物と、該第 1 の構造物上に形成される第 2 の構造物と、からなる空間光変調装置において、前記第 1 の構造物上に光造形によって前記第 2 の構造物を形成する事を特徴とする空間光変調装置の製造方法。

【発明の詳細な説明】

【0001】

【発明の属する技術分野】

本発明は、光通信、光演算、光記憶装置、光プリンター、画像表示装置、光スイッチング装置、流体制御装置、温度検出装置、マイクロポンプ等を使用される、マイクロマシン及び、マイクロマシンの製造方法及び、空間光変調装置及び、その空間光変調装置の製造方法及びに関するものである。

【0002】

【従来の技術】

従来技術の説明については、マイクロマシンの応用が進む空間光変調装置の従来技術である液晶用いた空間光変調装置を例に挙げて説明する。光をオンオフ制御できる空間光変調装置としては液晶を用いたものが知られている。図 9 にその概略構成を示す。この空間光変調装置は、光スイッチング素子 900 として実現されており、偏向板 901 及び 908、ガラス板 902 及び 903、透明電極 904 および 905、液晶 906 及び 907 より構成され、透明電極間に電圧を印可する事により液晶分子の方向を変えて偏向面を回転させ光スイッチングを行なうものである。例えば、このような光スイッチング素子（液晶セル）を二次元に並べて液晶パネルとして画像表示装置を構成する事が可能である。

【0003】

【発明が解決しようとする課題】

この液晶を用いた光スイッチング素子（空間光変調装置）は、高速応答性が悪く、数ミリ程度の応答速度でしか動作しない。このため応答速度を要求される、



光通信、光演算、ホログラムメモリー等の光記憶装置、光プリンター等に対し液晶を用いた空間光変調装置は難しかった。また、液晶を用いた空間光変調装置では、偏向板により光の利用効率が低下してしまうという問題も有った。

## 【0004】

これらの用途に対応できる、高速動作可能な空間光変調装置が求められており、このため光を制御できるスイッチング素子を機械的に動かして高速で変調できる空間光変調装置が開発されている。その一つはマイクロミラーデバイスであり、このデバイスはミラーをヨークで旋回可能に支持し、ミラーの角度を変えて電氣的または光学的な入力に対応して入射光を変調して出射するようになっている。

## 【0005】

また、反射機能あるいは等価機能を備えた平面要素を薄膜などで保持し、平面要素を平行に動かして入射光を変調する事が可能であり、そのような原理に基づき空間光変調装置を構成することも可能である。本出願人が出願中の、光を全反射して伝達可能な導光部の全反射面に対しスイッチング部の抽出面を接触させてエバネセント光を抽出し、スイッチング部の1波長程度あるいはそれを以下の微小な動きによって、高速で光を変調制御可能な光スイッチング素子は、スイッチング部を支持するための電極とを備えた駆動部によって駆動されるようになっている。駆動部により、導光部の全反射面にスイッチング部の抽出面が略接触した状態になると光を抽出して出射する事ができ、また、全反射面から抽出面を離すと、光は抽出されないで光は出射されない。このように、エバネセント波を利用した光スイッチング素子は、全反射面に対し抽出面の位置を微小距離移動する事により入射光を変調する事ができるので、高速動作が可能な空間光変調装置の1つとして実現化に向けて開発が進められている。

## 【0006】

空間光変調装置において、安定的なスイッチングを行なうと共に、精度良くスイッチングできる事は、重要な課題であり、開発中の空間光変調装置においても同様である。そこで、本発明においては、エバネセント光を利用した光スイッチング素子のような、平面的な要素を備えたスイッチング部を移動制御して光を変

調する機構を備えた空間光変調装置において、導光面の全反射面にスイッチング部の抽出面が略接触した状態を形成するためには、高精度な抽出面を形成すると共に、反射光の角度を意とする方向に反射させるための高精度な反射面を形成する言う課題を抱えており、本発明はその課題を解決した空間光変調装置を提供する事を目的としている。

【0007】

また、これら空間光変調装置を含むマイクロマシン（微細構造を持ち可動部を有するもの）における、微細加工及び製造の効率化をも目的としている。

【0008】

【課題を解決するための手段】

請求項1の空間光変調装置は、複雑な形状の空間光変調装置構造を容易に形成するためのものであり、その具体的な手段は可動可能な第1の構造物上に、型転写により第2の構造物を形成するものであり、可動可能な第1の構造物はシリコン基板上にフォトリソグラフィ工程とドライエッチング、ウエットエッチング、酸化膜形成、結晶成長、CMP平坦化処理、らを組み合わせるシリコンプロセスやレーザー加工、ゾルゲル成形及び焼結、機械切削、などの方法で形成する。第2の構造物は、予め形成された第1の構造物上に樹脂を塗布し、第2の構造物を形成するための型を当てる事により、第1の構造物上に型転写によって得られた第2の構造物を形成する事が可能である。またこの時、第2の構造物を形成する樹脂に光硬化型樹脂を用いる場合においては、光が透過するガラス材や、プラスチック部材を機械加工により作る方法も可能であるが、より微細な形状を高精度で作るに当たっては、第2の構造物を形成するための型を、不透明なシリコンベースの型形状を透明樹脂に転写し2次型を作成する事により、2次型側からの光照射が可能となり、第2の構造物を転写できる。この時、第1の構造物側または、第2の構造物形成型に、第1の構造物と第2の構造物の位置関係を制限するための形状を設け転写する事により位置関係を限定できる。第2の構造物の位置合わせは、前にも述べた通り第2の構造物を形成するための型は光が透過する材料で形成されている事から、型側から光学的に確認し型の位置を制御できる。また、転写樹脂材料も、光硬化樹脂を用い型を通して光り硬化する事が可能である。更に、

第2の構造物転写後、反射膜を成膜した後第2の構造物の形成と第3の構造物の形成を行なう。この時、第2の構造物と第3の構造物は同一の型から転写されるため第2の構造物と第3の構造物の位置関係は制御できる。以下に詳細を述べる。

#### 【0009】

可動可能な第1の構造物は、稼動可能な構造物を指し、空間光変調装置構造の外部動力により稼動する素子、外部エネルギーにより稼動するアクチュエータや、周囲の環境の変化に応じて変化するセンサー型アクチュエータが考えられ、外部動力により稼動する構造物としては、ギア、ヒンジ、板ばね、などが考えられる。外部エネルギーにより稼動するアクチュエータとしては、シリコンプロセスのフォトリソ工程で形成される、静電式アクチュエータや、ゾルゲル法で形成されるピエゾアクチュエータ、スパッタ法で形成されるピエゾ薄膜アクチュエータ、積層型ピエゾアクチュエータ、封印した流体をヒータにより加熱し流体の熱膨張による力を利用した加熱アクチュエータ、形状記憶合金を組み合わせ、各々の形状記憶合金を別々に加熱する事によりアクチュエータ機能を有する形状記憶合金アクチュエータなどが考えられる。また、周囲の環境の変化により稼動する素子としては、異なる膨張係数を持つ金属を重ね合わせ、周囲の温度変化に合わせ金属の熱膨張で変形するバイメタルアクチュエータなどが考えられる。

#### 【0010】

本発明ではこれら稼動可能な第1の構造物上に、型転写により第2の構造物を形成する場合の、第2の構造物を転写するための型は、精密機械加工で型形状を形成する方法や、シリコン基板に対してフォトリソで形状を形成する方法、レジストを直接感光させる事により造形する光造形、レーザ加工による形状形成、放電加工による形状形成などが有る。ここで、光が透過する材料を用いる事で複数の工程を経なくても、光が透過する型を起こす事も可能である。

#### 【0011】

次に前記形状形成例の中のシリコン基板に対してフォトリソグラフィでの型形成について説明する。シリコン基板上にレジストを塗付しマスクし露光する。その後不要レジストを取り除き、KOH溶液でエッチングを行なう。この時ウエハ

は結晶方位面とマスクを110面に合わせてエッチングを行なう事により、異方性エッチングが進み54.74度の角度を持ちエッチングが進む。従って両サイドから54.74度でのエッチングとなり109.48度の角度の逆三角形形状でのエッチングが進む事となる。この逆三角形が規定深さ出来たところで、レジストを除去し、再度レジストを表面に塗布し、第3の構造物を作るための形状にマスクし露光する。不要レジストを取り除きフッ素系ガスであるSF<sub>6</sub>等でドライエッチングを行ない。垂直方向にエッチングする。このエッチングにより得られた深さは、第1の構造物と第2の構造物の高さ関係を制御するための度当たりとなる。また、同一のシリコン基板に第2の構造物と第3の構造物をエッチングにより形成する事で、第2の構造物と第3の構造物の位置関係が拘束される。ここで形成された型の反転型を得るために、透明部材で作られた2次型を作成する。2次型は光を透過する材料である紫外線硬化樹脂（樹脂は熱硬化樹脂、エポキシ系乾燥型樹脂、ポリカーボネイト、ポリミド、紫外線硬化樹脂などを用いる事が可能であるが、ここでは紫外線硬化樹脂を例にとって製造方法を説明する。紫外線硬化樹脂の一例としてはラジカル重結合系である、不飽和ポリエステルやアクリル型のポリエステルアクリル、ウレタンアクリル、エポキシアクリル、ポリエーテルアクリル、側鎖アクリロイル型アクリル樹脂や、チオール・エン型のポリチオール・アクリル誘導体、ポリチオール・スピロアセタール系、やカチオン重合系であるエポキシ型エポキシ樹脂が使用できる。）を用い、エッチングにより第2の構造物形状と第3の構造物形状を形成したシリコン基板表面に紫外線硬化樹脂を塗布し、紫外線照射を行なう事により2次型を作成する。また、紫外線硬化樹脂上にポリカーボネイトやガラス、ポリミド等の透明板材を載せ紫外線効果した場合は、シリコン型と2次型の離形が容易にできる事から2次型の形成に当たってはより望ましい。

#### 【0012】

また、可動可能な第1の構造物上に型転写により第2、第3の構造物を形成するために可動可能な第1の構造物は、型転写時のストレスにより破壊する場合もある。よって第1の構造物の破壊防止として、事前に、樹脂の塗布による犠牲層形成やプラズマCVDなどでSiO<sub>2</sub>やアルミニウムなどの犠牲層で可動部を

固定する事により、転写時の第1へのストレスを軽減する事が可能となり、型転写による可動部上への構造物の形成には有効である。

## 【0013】

次に第1の構造物および第1の構造物周辺の犠牲層の平坦化处理を行なう事により、第1の構造物と第2の構造物への位置合わせ精度が向上する。また、この時の平坦化处理は、機械研磨、機械化学研磨、が有効である。また、第1の構造物と第2、第3の構造物との結合面は、第2、第3の構造物に樹脂を用いる事から、結合性を高めるため金属膜を用いない方がより適している事が確認されている。よって、第2の構造物が転写される範囲に金属膜を有する際には、シリコンなどの非金属層を設ける事が望ましい。また、金属膜と型転写で形成する第2の構造物の密着性の向上を図るため、表面を荒らす方法や楔型の形状を持つ接触面とする事により、より密着性は向上する。

## 【0014】

次に第1の構造物上への第2の構造物、及び第3の構造物の形成に当たっては、第1の構造物上に、紫外線樹脂を塗布し型を透過して、第1の構造物のベースの位置合わせマーク又及び、第2の構造物を形成するための2次型に形成された位置合わせマークを利用し、光学的情報に基づき位置合わせを行ない第2の構造物を形成するための2次型の度当たりにより、第1の構造物と第2の構造物の位置関係を拘束できる。第1の構造物と第2の構造物間の高さ方向の位置関係をよりシビアに合わせるためには、第1の構造物上に紫外線硬化樹脂を塗布し2次型を載せた状態で、チャンバに入れ周囲大気圧に比べそれより低い圧力状態にするか、更に真空状態にする事により紫外線硬化樹脂中などの気泡を除去する事が有効である。この状態で紫外線を照射する事により紫外線硬化樹脂が硬化し第2の構造物が形成される。

## 【0015】

また、第2の構造物を光造形により形成する場合は、第1の構造物上に先に述べた紫外線硬化樹脂を塗布し、造形形状に合わせ紫外線光源を制御し、照射する事により紫外線に照射された部分が硬化し第2の構造物が形成される。また、高さ方向に高い形状を形成する場合は、容器内に第1の構造物を固定し容器に紫外

線硬化樹脂を入れ、第1の構造物上の感光樹脂に光照射を行ない形状を形成し、第1の構造物の高さを徐々に変更し形状形成の光照射を繰り返した後洗浄する事により、複雑な形状の第2の構造物を形成する事が可能となる。

## 【0016】

可動可能な第1の構造物上に第2の構造物を型転写により硬化させた後、第2の構造物である、2次型で形成したV溝形状を反射面にするため、スパッタ、蒸着、結晶成長などの手段により、反射率の高いアルミニウム、金、銀、白金などの金属膜を数百オームストロング程度成膜する。これにより第2の構造物が光スイッチングを行なうための反射面を形成する事が可能となる。

## 【0017】

次に、2次型で形成した、第2の構造物のV溝形状及び第3の構造物であるポスト部分に紫外線樹脂を塗布し、平坦化したガラス、ポリカーボネイト、アクリル、等の透明部材をでカバーし、平坦化した透明部材の上から紫外線を照射する事により、紫外線硬化樹脂が硬化し、第2の構造物のV溝を埋め、マイクロプリズムが形成されると同時に表面を平坦化できる。また、同時に第3の構造物であるポストも硬化し、第1の構造物、及び第2の構造物、第3の構造物の位置関係が定まる。この時、樹脂を塗布した状態で周囲を周囲圧力より低くするか、真空状態にする事により、樹脂内の気泡が取り出され、より平坦なマイクロプリズムが作られ、スイッチング精度が向上し、安定的なスイッチングと高コントラストが得られる。

## 【0018】

次に、第2の構造物を可動可能な第1の構造物上で動かすために、型転写によって設けられた第2の構造物の不要部分については、フォトリソグラフィーを用いてマスクを行ない、ウェットエッチング、ドライエッチング、を行なう事により、第2の構造物の不要部分を除去する。また、第2の構造物は、樹脂で作られている事から、エキシマレーザの照射による除去も可能である。第1の構造物を固定するために設けられた犠牲層は、最後に犠牲層エッチングを行なう事により、除去する事が可能である。

## 【0019】

ここで第2の構造物であるマイクロプリズムを樹脂で形成する事により、ガラス材料で形成した場合に比べ硬度が低い事と、型転写により、光抽出面の平坦度が確保できる事から、導光部への密着度が向上し、より安定的なスイッチングと高コントラストの空間光変調が可能となる。

## 【0020】

また、マイクロマシンについては先ずマイクロマシン光スイッチを例に挙げて説明する。マイクロマシン光スイッチは、光ファイバーで通信されるデータをスイッチングするものであり、光ファイバーの伝送直線部分を切断し空間を用いて光を飛ばす構造とし、空間部分にアクチュエータ上に固定された光の遮光物を置きアクチュエータを動かす事により、光ファイバー間を転送される光を遮光または、光通信の邪魔にならないエリアに退避する事により、光ファイバー間を伝送される信号をスイッチングするものである。

## 【0021】

構造は駆動回路を含むシリコン基板上にポストを設け、ポストを支持台として可動可能である第1の構造物のpiezoアクチュエータを形成する。この第1の構造物であるpiezoアクチュエータ上に型転写により第2の構造物である遮光物が転写されている。一方、ポスト上には型転写を用いた第3の構造物である光ファイバー固定台が型転写により形成されており、ここに光ファイバーを固定する。光ファイバーを固定する光ファイバー固定台は、型転写によりV溝形状に溝が形成されており、光ファイバーが容易に固定できる構造となっている。この第2の斜光物及び、第3の構造物である光ファイバー固定台は同一の型から転写されている為、位置合わせをするまでもなく、第2の構造物である遮光物で光ファイバーの光を遮光できる位置に配置されると共に、第3の構造物である光ファイバー固定台も出射側光ファイバーと受光側光ファイバーの中心線は合う事になる。ここでは光ファイバーの例をもって説明しているが、光ファイバーを用いずV溝形状を光り導波路として用いるた場合も同様である。

## 【0022】

次に動作について説明する。この可動可能な第1の構造物であるpiezoアク

エータは駆動回路が実装されたシリコン基板から供給される電源のオン、オフにより薄膜の上下に供給された電荷によりピエゾ膜の膨張または収縮が発生し、オン時ではベース側に変形する。この時、可動可能な第1の構造物上に型転写により形成された第2の構造物である遮光物は、ポスト上に形成された第3の構造物である光ファバー固定台に固定された光ファイバーの空間伝送の障害とならない位置に退避する。よって、第3の構造物である光ファイバー支持台に固定された出射側光ファイバーから、受光側光ファイバーに光信号が伝送される。

## 【0023】

次にオフの状態について説明する。駆動回路が実装されたシリコン基板から供給される電源がオフの状態になると可動可能な第1の構造物であるピエゾ薄膜に印可された電荷が無くなる事により、可動可能な第1の構造物であるピエゾ薄膜のもつ本来のほぼ平坦な形状に戻る。この時、可動可能な第1の構造物であるピエゾ薄膜上に型転写により形成された第2の構造物である遮光物は、ポスト上に形成された第3の構造物である光ファバー固定台に固定された光ファイバーの空間伝送を遮光する位置に移動する。よって、第3の構造物である光ファイバー支持台に固定された出射側光ファイバーから、受光側光ファイバーに伝送される光信号が遮光され、光信号の伝達が行なわれなくなる。

## 【0024】

次に、マイクロマシンの一つである流体バルブの例で説明する。流体バルブは空間を遮る仕切り板に遮断された空間間をつなぐ穴でオリフィスを設ける。このオリフィスを周囲温度に応じて動くアクチュエータ上に設けた弁を動かす事により、オリフィスと弁間の距離が制御され、流体の移動を制限する流体バルブを形成する事ができる。

## 【0025】

次に流体バルブの構造について説明する。流体バルブは可動可能な第1の構造物であるバイメタルアクチュエータを支えるためポストと、ポストを固定するためのベースと、温度変化により変形する可動可能な第1の構造物であるバイメタルアクチュエータと、可動可能な第1の構造物上に型転写により形成された第2の構造物である弁と、流体を隔てる仕切りと、流体が通過するオリフィスから構成さ



れている。

【0026】

次に動作について説明する。この流体バルブは周囲の温度変化に応じて第1の構造物であるバイメタルアクチュエータが変形する。高温時には、第1の構造物であるバイメタルアクチュエータは2種類の金属の膨張係数の違いから変形し反り返る。この時、第1の構造物であるバイメタルアクチュエータ上に、型転写によって形成された第2の構造物である弁が、仕切り板に設けられたオリフィスとの間を広げる事により、流体は仕切り板で分離された空間の差圧に応じて移動する。次に、温度が下がると、第1の構造物であるバイメタルアクチュエータの2つの金属は収縮し反り返りが無くなり直線的な従来の形に戻る。第2の構造物である弁が、仕切り板に設けられたオリフィスとの間を狭くする事により、流体は仕切り板で分離された空間の移動を抑制され、流体が仕切り板で分離された空間を移動できなくなる。このように流体の移動はオリフィスと第2の構造物である弁の間隔によって制御される流体バルブとなる。

【0027】

ここで、流体バルブを全閉状態にする為には、弁はオリフィスに密着させる必要があり、高度の柔らかいゴムや樹脂が有効である。また第1の構造物であるバイメタルアクチュエータは金属である事から、第2の構造物である弁を第1の構造物上に転写する前に、第1の構造物上の第2の構造物の弁が転写される位置に、非金属を成膜した後、第2の構造物である弁を転写する事により第1の構造物であるバイメタルアクチュエータと第2の構造物である転写によって形成される弁の密着度が向上し耐久性に優れた流体バルブを提供できる。

【0028】

以上説明したマイクロマシンの一例であるマイクロマシン光スイッチ装置や流体バルブの製造方法について以下に説明する。第1の構造物をベース上に形成するため、シリコン基板やアルミニウム等の金属板上にシリコンプロセスである、フォトリソグラフィ工程や、シリコン、窒化シリコン、シリコンナイトライト、酸化シリコンやアルミニウム、白金、金、ニッケル、銅、黄銅などの金属膜デポジット、ドライエッチングやウエットエッチング、等によるエッチング、スパッ

タリングや蒸着、CVD、ゾルゲル及びペークによる薄膜形成工程などを用いて、必要とする形状を造形する。これらの工程により可動可能な第1の構造物が形成でき、この可動可能な第1の構造物上に樹脂や、溶解されたガラス、金属を塗布し型転写により第2の構造物を形成する。第2の構造物の型転写時には、周囲圧力を通常の状態に比べ低くする事により、樹脂やガラス、金属中の気体を外部に出す事により、型転写の精度を向上させる事ができる。型転写による第2の構造物の硬化に当たっては、冷却や、紫外線硬化、加熱硬化などが有効である。特に型に光が透過する材料を用いた場合には、視覚によるアライメントが容易にできる他、紫外線の照射による硬化が可能となる。

## 【0029】

最後に、第2の構造物および第3の構造物の転写完了後、フォトリソグラフィ工程とエッチング工程を用い可動可能である第1の構造物を固定した犠牲層の除去を行なう。次にフォトリソグラフィ工程で作成したマスク膜を取り去りマイクロマシンが完成する。ここでは第1の構造物形成及び、構造物周辺の固定をシリコンプロセスを用いた例で説明したが、第1の構造物を機械加工で形成した場合においても、樹脂やアルミニウム、 $\text{SiO}_2$ などの犠牲層で固定した後、第2の構造物を型転写で形成する事も可能である。

## 【0030】

また、型転写に当たっては、第2の構造物と第3の構造物を同一の型から転写する事により、第1の構造物及び、第2の構造物、第3の構造物間の位置関係を容易に制御する事ができる。ここで用いる型は光が透過するガラスや金属、樹脂に対し機械加工、で作る方法や、光造形形成する方法、シリコンプロセスでシリコン基板上に等方向エッチングと異方性エッチングで形状を形成した後、この型から更に2次型を作り第2の構造物転写して作る事により、シリコンの異方性エッチングの形状の反転などの形状が得られる事から、1次型は作成しやすい形状を形成すれば良いという利点がある。

## 【0031】

この時空間光変調装置と同様に型転写による第2の構造物の形成に当たっては、可動可能な第1の構造物は型転写による第2の構造物形成時のストレスによる

、第1の構造物の破壊を防止するため、後から排除できる犠牲層で固定する事が有効であることが確認されている。

【0032】

また、第2の構造物の転写時に形成された第2の構造物周辺の不要物を、後から取り去る工程を設けた場合については、第2の構造物がギアなどのアスペクト比の高い形状に近い位置に配置される場合には、複数の第2の構造物を型転写によって形成することが困難である。その場合、予め複数の第2の構造物が配置される範囲に、第2の構造物を形成する為の形状を型転写により設けた後、フォトリソグラフィ工程及びエッチングによって複数の第2の構造物を形成する場合に有効である。

【0033】

これらの構造物は、第1の構造物の上に型転写により第2の構造物及び第3の構造物が同一の型から形成されるために、容易に位置関係を制御できると共に、型は複数回の使用が可能な事から、機械切削や、シリコンプロセスで製造される空間光変調装置に比べ、複雑な形状が容易に製造する事が可能であり、低コストでの生産に適している。

【0034】

【発明の実施の形態】

〔実施の形態1〕

図1は本発明に係わる空間光変調装置の構成を示す。光スイッチング素子100は、光を全反射して伝達可能な導光部1の全反射面122に対し、透光性の抽出面132を備えたスイッチング部130を接触させてエバネセント光を抽出し導光部1の入射光170を導光部1から出力できる。この光スイッチング素子は100はスイッチング部130の1波長程度、あるいはそれ以下の微小な動きによって、入射光170を高速で変調（オンオフ制御）する事ができ、スイッチング部130を駆動するために静電力を用いた駆動部140が設けられている。

【0035】

光スイッチング素子の構成を更に詳しく説明すると、光スイッチング素子100

0は、ガラス製で入射光170の透明性の高い光ガイド（導光部、カバーガラス）1を備えており、この光ガイドは、スイッチング部130の微細な動き（1波超長さ以下）で、光のスイッチングができるよう光ガイド1はポスト2で支えられると共にクリアランスの保持がなされている。光ガイド1の下面には全反射面122で入射光170が全反射するように全反射面122がある。スイッチングを行なう場合は図1（a）に示すように、スイッチング部130の抽出面132が全反射面122と平行な向き（第1の方向）で接近あるいは密着してエバネセント光を抽出できる位置（第1の位置）になると、導光部1から入射光170がスイッチング部130に抽出される。本例のスイッチング部130は抽出された入射光170を導光部1に向けて反射可能なマイクロプリズム3を備えており、抽出され光は導光部1を通過してほぼ垂直な出射光172となり出力される。一方図1（b）に示すように、スイッチング部130が第1の位置から離れて、抽出面132が全反射面122で全反射され導光部1からエバネセント光として抽出されない。したがって出射光172は導光部1から出射される事はなく出射光は得られない。

#### 【0036】

このように、本例の光スイッチング素子100においては、スイッチング部130を第1及び第2の位置に移動する事により、入射光170を出射光172として変調する事ができる空間光変調装置である。したがって、光スイッチング素子100を用いて出射光172をオンオフできるので、光スイッチング素子をアレイ状に配列して画像表示装置を構成するなど、先に説明した液晶あるいはマイクロミラーデバイスなどの空間光変調装置と同様に用いる事ができる。さらに、エバネセント光は、スイッチング部130を波長程度あるいはそれ以下の距離を移動する事により制御できるので、スイッチング部130を非常に高速に動作させる事が可能であり、動作速度の速い光スイッチング素子として実現する事ができる。

#### 【0037】

光スイッチング素子100は入射光170が入射する導光部1と、スイッチング部130はエバネセント波を抽出するための抽出面132を持ち、入射光17

0をスイッチングするためのマイクロプリズム3及び、入射光170を反射するための反射膜31及び、入射光170を導光部1側に反射させる角度を制限するV溝構造5及び、駆動部140とスイッチング部130を連結するための支持台6から構成されている。スイッチング部130の下にはスイッチング部130を下方に動かす層の駆動部140と、駆動部140を制御する駆動用ICが構成されたシリコン基板(ICチップ)10の層を備えている。駆動部140は、支持台6をつうじてスイッチング部130を導光部1(上側)側に動かす際に用いるアドレス上電極7(第1の電極)と、アドレス上電極7に対峙した位置にスイッチング部130に直結し可動する中間電極8(第2の電極)を配置する。更に、中間電極8の下面のシリコン基板10側に動かす際に用いるアドレス下電極9(第3の電極)をシリコン基板10上に備えている。アドレス上電極7はアドレス上電極の支持台7aによって支えられている。また、中間電極8は中間電極の支持台8aによって支えられている。

【0038】

射されずエバネセント波として光信号が抽出される事はない。

【0039】

次に、この光スイッチング素子100の製造方法について説明する。図2は光スイッチング素子の製造過程のスイッチング部130のV溝構造形成工程を示した図である。以下に各部位の名称及び製造方法について記述する。10は、第1の構造物である駆動部140を形成するためのベースであるシリコン基板(ICチップ)。9はシリコン基板(ICチップ)上に設けられたアドレス下電極、8はシリコン基板10上に中間電極の支持台8aを設け、アドレスした電極に対峙する位置に設けられた中間電極、7はシリコン基板10上にアドレス上電極の支持台7aを設け中間電極8に対峙する位置に設けられたアドレス上電極、6は中間電極8上に設けられ、スイッチ部130を支持するための支持台。21は駆動部140上に塗布された樹脂。20は樹脂21にV形状を転写するための型。2Aは、導光部1を支持するためにシリコン基板10上に設けられたポスト。22は駆動部140を形成する際に設けられた犠牲層である。アドレス下電極9はシリコン基板10上にプラズマCVDによって形成されたポリシリコン層によって設けられ、不

要部分はフォトリソグラフィ工程とエッチング工程により除去する。この時、アドレス下電極 9 は導電性の材料であれば良くアルミニウム、白金、銅、金などの金属膜や、Si 基板へのボロンドーピングでも良い。形成に当たっては、スパッタリングや、蒸着、または、インプラによって形成する事も可能である。また、アドレス下電極 9 の形成と平行して、ポスト 2 A 及び、中間電極 8 を支えるための中間電極ポスト 8 a、アドレス上電極 7 を支えるためのアドレス上電極の支持台 7 a、の形成も平行して積層する事も可能である。次に、エッチングによって除去されたエリアに、プラズマ CVD によって SiO<sub>2</sub> の犠牲層 22 を充填する。次にポスト 2 A、アドレス下電極 9 アドレス上電極ポスト 7 a、中間電極の支持台 8 a 上の不要犠牲層を、フォトリソグラフィ工程とエッチング工程で除去した後、更にプラズマ CVD でポリ Si を積層し、フォトリソグラフィ工程とエッチング工程を繰り返し駆動部 140 を形成する。以上の工程が済んだところで、図 1 (a) に示すオン状態では、電源スイッチ 12 を切り替える事により、アドレス上電極 7 に対し電源部 11 から直流電力が供給され、中間電極 8 の間に生ずる静電力により中間電極 8 は上方に引き上げられ、中間電極 8 上に作られた構造物である支持台 6 は中間電極 8 に連動して上昇する。同様に支持台 6 上に形成された V 溝構造 5 及びマイクロプリズム 3 は連動して、第 1 の位置に移動する事により、入射光 170 は導光部 1 からマイクロプリズム 3 を経て反射面 4 で反射する事により、出射光 172 として光信号が抽出される。一方、図 1 (b) に示すオフ状態では、スイッチ 12 を切り替える事によりアドレス下電極 9 に対し電源部 11 から直流電力が供給され、中間電極 8 の間に生ずる静電力により中間電極 8 は下方に引き下げられ、中間電極 8 上に作られた構造物である支持台 6 は中間電極 8 に連動してシリコン基板 10 側に下降する。同様に支持台 6 上に形成された V 溝構造 5 及びマイクロプリズム 3 は連動して、第 2 の位置に移動する事により、入射光 170 は全反射面 122 で反射し、出射光 172 は導光部 1 から出動部 140 上に樹脂、(樹脂は熱硬化樹脂、エポキシ系乾燥型樹脂、ポリカーボネイト、ポリミド、紫外線硬化樹脂などを用いる事が可能であるが、ここでは紫外線硬化樹脂を例にとって製造方法を説明する。紫外線硬化樹脂の一例としてはラジカル重結合系である、不飽和ポリエステルやアクリル型のポリエステルアクリル、ウ

レタンアクリル、エポキシアクリル、ポリエーテルアクリル、側鎖アクリロイル型アクリル樹脂や、チオール・エン型のポリチオール・アクリル誘導体、ポリチオール・スピロアセタール系、やカチオン重合系であるエポキシ型エポキシ樹脂が使用できる。)を塗布し、V溝構造を形成するための型20でV溝形状を転写する。

## 【0040】

V溝形状を形成するための型は、機械加工で金属、ガラス、プラスチック材、等を用いる事も可能であるが、ここでは、シリコン基板に酸化膜を設け結晶方位110面に合わせ、フォトリソグラフィ工程と異方性エッチングを行なう事によりV溝構造を形成するための54.74度の角度のV溝を形成した。更に、フォトリソグラフィ工程と等方向性エッチングを行なう事により、垂直エッチングを行ない垂直エッチングの深さを制御する事により、ポスト2Bが形成される深さが決まり、スイッチ部130の厚みの制御の位置決めが可能となる。このシリコン型に紫外線硬化樹脂のエポキシ樹脂を塗布し、紫外線硬化する事により、シリコン型を反転した2次型が得られ、これを型20として用いる。この2次型を用いる事により、シリコン型では不可能だった紫外線照射による硬化が可能となり、紫外線硬化硬化樹脂を用いてスイッチ部130のV溝構造5の形成ができる。

## 【0041】

図3は、樹脂21が硬化されV溝構造が、駆動部140上に形成された図である。この段階の樹脂21は、ポスト2Aを除く範囲に広く形成されている。また、樹脂21の厚みは型20の等方向性エッチングを行なった深さで制御されている。

## 【0042】

次に、図4を参照して反射面の成膜について説明する。V溝構造が成形された樹脂21上に光スイッチングを行なうための反射膜を形成する。反射膜は反射率の高いアルミニウム、白金、銀、金等の金属膜を用い、蒸着、スパッタリング、プラズマCVDによって成膜可能であるが、今回はスパッタリングの例で説明する。シリコン基板10上に形成した駆動部140及び型転写によって形成したV溝構造をした樹脂21が転写されたシリコン基板10を、スパッタマシンのトレイ

に固定し、合わせてV溝構造を除くエリアには、反射膜の成膜を抑制するためのマスク30を固定する。マスク30は、ポスト2A上や不要部分で後にエッチングによって取り去る部分の型転写された樹脂21を覆う事により、ポスト2の形成の精度向上及び、不要部分のエッチングの効率化に寄与する。またこのマスクは、V溝構造部分には十分に成膜可能な状態とするために、V溝構造より大きな範囲をマスク領域から外す必要がある。この状態で、スパッタリングを行なう事により、樹脂21のV溝構造の上には反射膜31が形成される。また、微細なV溝構造に対する成膜においては、マスクを設けない方がより均一な反射膜31が得られる事も確認されている。

#### 【0043】

次に図5を参照してマイクロプリズム3及びポスト2Bの形成について説明する。40はマイクロプリズム3の表面を平坦化し抽出面132を形成すると共に、ポスト2Bの高さを決定するための平坦化型で、ガラス、プラスチック板や、金属板、シリコン板など、平面を実現できる平坦なものであれば特に材質は問わない。今回はプリズム41に先に説明した紫外線硬化樹脂を用いて形成する事から、平坦化型40は紫外線を透過できる石英ガラスを用いた例で説明する。V溝形状を形成した樹脂21に対してスパッタリングで反射膜31を成膜した上及びポスト2A上に紫外線硬化樹脂を塗布し、上部に平坦化型40を載せ平坦型40側より紫外線を照射する。紫外線硬化樹脂は紫外線が照射される事により硬化し、マイクロプリズム3を形成する。同時にポスト2A上に充填された紫外線硬化樹脂も硬化しポスト2Bが形成される。この時、平坦型40とマイクロプリズム3及びポスト2B間をより高精度で平坦にする方法として、チャンバー内に紫外線照射前のシリコン基板10を入れ、真空状態に引いた状態で数分放置する事により、樹脂内の気体が放出され樹脂内の気泡の影響を受ける事無くより平坦な抽出面132を作れる。

#### 【0044】

次に図6を参照して光スイッチング素子の不要部分の除去について説明する。紫外線硬化樹脂の充填により、スイッチング部130を動かす際、障害になるエリアに充填、硬化した部位の不要樹脂23を取り去るため、空間光変調装置に必



要なスイッチング部 130 の上部及びポスト 2 の上部にレジストを塗布し、フォトリソグラフィ工程を用いてポスト 2 上部及びスイッチング部上部にマスク 50 を形成する。マスク 50 形成後、不要樹脂 22 のエッチング、不要反射膜 24 のエッチング、及び犠牲層 22 のエッチングを行なう事により、可動可能な第 1 の構造物である駆動部 140 上に、型転写により第 2 の構造物であるスイッチング部 130 を形成できる。このエッチングにおいては、樹脂のエッチングではウェットエッチを行ない、金属反射膜のエッチングにおいては、ドライエッチングにより除去するのが適している。また、不要樹脂 23 のエッチングに関しては、エキシマレーザの照射によっても除去する事が可能である。犠牲層除去においては、フッ酸等でのウェットエッチングを用いる事により除去が可能である。

## 【0045】

以上説明した通り、可動可能な第 1 の構造物上に型転写により第 2 の構造物を転写する際には、可動可能な第 1 の構造物を犠牲層 22 等を用いて固定した状態で行なう事により、可動可能な第 1 の構造物の機能を損なう事無く第 2 の構造物を形成する事が可能である。また、全ての工程の最後に、フォトリソグラフィ工程で形成したマスク 50 を除去する事により、スイッチング部 130 のマイクロプリズム 3 の表面の光抽出面 132 を劣化させる事無く組み上げる事が可能となる。この状態でポスト 2 上部に導光部 1 を載せ固定する事により光スイッチング素子 100 が完成する。ここでマイクロプリズム 3 を樹脂を用いて形成する事により、ガラス材料で形成した場合に比べ硬度が低い事と、型転写により、光抽出面 132 の平坦度が確保できる事から、導光部 1 への密着度が向上しより安定的なスイッチングと高コントラストの空間光変調が実現できる。

## 【0046】

## 〔実施の形態 2〕

図 7 は本発明に係わるマイクロマシンであるマイクロマシン光スイッチ装置 56 を示した図である。マイクロマシン光スイッチ装置 56 は、光ファイバーで伝送される光データをスイッチングするものであり、図 7 (a) で示す通り、出射側光ファイバー 51 から出射された光信号 57 が空間 58 を経て受光側光ファイバー 52 に受光され、光信号 57 が伝達される。この状態では、遮光物 54 は光

信号 57 の伝達に障害とならないエリアに退避している。一方、図 7 (b) では、空間 58 で遮光物 54 が光信号 57 を遮光する事により、光信号 57 は受光側光ファイバー 52 に伝達されない状態となる。この様にマイクロマシン光スイッチ装置 56 は、伝送される光信号 57 を空間 58 で遮光物 54 を用いてスイッチングするものである。

## 【0047】

次に図 7 (a) を参照してマイクロマシン光スイッチ装置 56 の構造を説明する。10 は、可動可能な第 1 の構造物であるピエゾアクチュエータ 50 を駆動するための駆動回路を備えるシリコン基板。11 はピエゾアクチュエータ 50 を駆動するための電源。12 は電源 11 からピエゾアクチュエータ 50 に電源を供給する為のスイッチ。2 は、ピエゾアクチュエータ 50 及び光ファイバー固定台 53 をシリコン基板 10 上に固定する為のポスト。54 は、可動可能な第 1 の構造物であるピエゾアクチュエータ 50 上に設けられ、ピエゾアクチュエータ 50 の動作に応じて光信号 57 を遮光する為の第 2 の構造物である遮光物。50 はスイッチ 12 に応じて変形する可動可能な第 1 の構造物であるピエゾアクチュエータ。53 はポスト 2 上に型転写によって形成された第 3 の構造物である光ファイバー固定台。51 は光信号 57 を伝送する為に出射する出射側光ファイバー。52 は出射側光ファイバー 51 から出射された光信号 57 を受光し伝送するための受光側光ファイバー。53 は、出射側光ファイバー 51 及び受光側ファイバー 52 を固定する為の第 3 の構造物である光ファイバー固定台。55 は、第 3 の構造物である光ファイバー固定台 53 に型転写時に形成された、光ファイバーを固定する為の光ファイバー固定 V 溝。58 は出射側光ファイバー 51 から出射された光信号 57 が受光側光ファイバー 52 に伝送される際に通過する空間。57 は出射側光ファイバーから受光側光ファイバー 52 に向け出射される光信号である。マイクロマシン光スイッチ装置 56 は、以上のパーツから構成されている。

## 【0048】

次に動作について説明する。この可動可能な第 1 の構造物であるピエゾアクチュエータ 50 は、スイッチ 12 の制御により電源 11 のオン、オフにより駆動回路が実装されたシリコン基板 10 からピエゾアクチュエータの上下に供給された電荷

によりピエゾ膜の膨張または収縮が発生し、ピエゾアクチュエータであるピエゾ薄膜の変形がオン時ではシリコン基板側に変形する。この時、可動可能な第1の構造物上に型転写により形成された第2の構造物である遮光物54は、出射側光ファイバー51から受光側光ファイバー52に向けて空間58中を伝送される光信号57の伝播に障害とならない位置に退避する。よって、光ファイバー支持台53に固定された出射側光ファイバー51から、受光側光ファイバー52に光信号が伝送される。

## 【0049】

次に図7(b)を参照してオフの状態について説明する。スイッチ12がオフの状態となる事により、電源11からのピエゾアクチュエータ50への電荷の供給が遮断され、ピエゾアクチュエータ50のピエゾ薄膜の膨張または収縮による変形が解消され、本来の形状にに変化する。この時、可動可能な第1の構造物であるピエゾアクチュエータ50上に型転写により形成された第2の構造物である遮光物54は、ポスト上に形成された第3の構造物である出射側光ファイバー51から出射され空間58を経て受光側光ファイバー52に伝送される光信号57を遮光する位置に移動する。よって、第3の構造物である光ファイバー支持台53に固定された出射側光ファイバー51から、受光側光ファイバー52への光信号57が遮光され、光信号57の伝播が行なわれなくなる。

## 【0050】

ここで、光ファイバーを固定する光ファイバー固定台53には光ファイバ固定V溝55が、型転写により形成されており出射側光ファイバー51及び受光側光ファイバー52が容易に固定できる構造となっている。この斜光物54及び、第3の構造物である光ファイバー固定台53及び光ファイバ固定V溝55、および遮光物54は同一の型から転写されている為位置合わせをするまでもなく、遮光物54がピエゾアクチュエータ50の動きに応じて、光信号57を遮光できる位置に移動できると共に、第3の構造物である光ファイバー固定台53にも行けられた光ファイバ固定V溝55で位置合わせされる、出射側光ファイバー51と受光側光ファイバー52の中心線は精度よく合う事から空間58中を伝播する光信号57は受光側光ファイバー52で受光される信号減衰は最小限に留める事ができ

る。ここでは光ファイバーの例をもって説明しているが、光ファイバーを用いず V 溝形状を光り導波路として用いるた場合も同様である。また、溝形状も V 溝に限定する事無く四角、U 溝など多種の形状であっても上記の利点が得られる。

#### 【0051】

次に、図 8 (a) を参照してマイクロマシンを用いた流体バルブの実施の形態について説明する。流体バルブは、周囲の温度変化に応じて仕切り板によって仕切られた空間で、仕切り板に設けられたオリフィスを通過する流体の流れを制御する為のものである。

#### 【0052】

次に図 8 (b) を参照して流体バルブ 62 の構造について説明する。60 はポスト 2 を固定する為のベース、2 はバイメタルアクチュエータ 65 及び仕切り板 61 を支えるためポスト、65 は 2 種類の膨張係数の異なる金属膜で形成されたバイメタルアクチュエータ、63 はバイメタルアクチュエータ 65 上に設けられたオリフィス 64 を通過する流体の流れ 66 を制御する為の弁、64 は第 1 空間の空間 67 と第 2 の空間 68 を流体が移動する為の仕切り板 61 に設けられたオリフィス、67 は仕切り板 61 によって仕切られたベース 60 側に設けられた第 1 の空間、68 は仕切り板 61 によって仕切られた仕切り板 61 の上側に設けられた第 2 の空間、64 はオリフィス 64 を経て第 1 の空間 67 から第 2 の空間 68 に流れる流体である。ここで、温度変化に応じて変形するバイメタルアクチュエータ 65 は、可動可能な第 1 の構造物であり、弁 63 は可動可能な第 1 の構造物であるバイメタルアクチュエータ上に型転写によって設けられた第 2 の構造物である。

#### 【0053】

次に周囲温度が低い状態で流体バルブ 62 が閉まる状態を図 8 (a) を用いて説明する。ベース 60 上に固定されたポスト 2 を通じて片端を固定されたバイメタルアクチュエータ 65 は温度の低い状態で、はほぼ平面な状態に保たれている。このバイメタルアクチュエータ 65 上に型転写によって設けられた弁 63 は、オリフィス 64 の位置にオリフィス 64 を閉鎖する状態で拘束されている。これによりベース 60 側の第 1 の空間 67 及び仕切り板 61 の上側の第 2 の空間 68 は、分離されており、オリフィス 64 を経て流体の移動はできない。この時、弁 63

の形成において、ガラス、シリコンなどに比べ樹脂やゴムなどの硬度の低い材料を用いる事により、オリフィス64と、弁63間の密着度が向上し第1の空間と第2の空間を遮断できる。また、バイメタルアクチュエータ65の材料は金属である事から弁63を樹脂で成形した場合密着性が悪い場合がある。そのため第1の構造物であるバイメタルアクチュエータ65上に、非金属の材料である、シリコンやガラスなどの層を設けた上に弁63の第2の構造物を型転写により形成する事も有効である。

## 【0054】

次に、図8(b)を参照して、周囲温度が高い状態での流体バルブ62が開でる状態の動作について説明する。ベース60上に固定されたポスト2を通じて片端を固定されたバイメタルアクチュエータ65は温度が高くなるにつれて、バイメタルアクチュエータ65の形成されている2種類の金属の膨張係数の違いで、バイメタルアクチュエータ65はベース60側に徐々に反り返る。このバイメタルアクチュエータ65の動きに連動して、弁63は、オリフィス64との間隔を徐々に広げる事となる。図で示すとおりオリフィス64をふさぐ形で配置されていた弁63がオリフィス64から離れる事により、第1の空間67と第2の空間68は仕切り板61で仕切られた状態からオリフィス64を通じて空間的なつながりが得られ、第1の空間67の圧力が第2の空間68の圧力より高い為に、流体の流れ64が発生する。この流体の流れは図の示す通りニードル型になっており、ニードル型にする事により、流体弁の開口率をリニアに制御できるという利点を持っている。このように型転写によって第2の構造物を形成する事により、容易に複雑な形状を形成できる。この他に光造形によっても複雑な形状を作り出す事もできる。

## 【0055】

## 【発明の効果】

以上説明したように、本発明のマイクロマシンは可動可能な第1の構造物上に型転写により第2の構造物を形成する事により、シリコンプロセスなどの複雑な工程を経る事無く、複雑な形状を容易に再現性良く形成できると共に生産性の向上にも寄与する。また、空間光変調装置のようにアレイ状に複数の素子を配置す

る際には、シリコンプロセスで全てを製造する場合に比べて、型転写は安定的に複製が可能な事から、欠陥の発生確率は格段に低くなり歩留りの向上にも大きく寄与する。更に、可動可能な第1の構造物周辺に犠牲層を設け、犠牲層のエッチング工程前に第2の構造物を型転写で形成する事により、第1の構造物が犠牲層により固定される状態で第2の構造物を形成する事で、第1の構造物上に形成する第2の構造物の位置決め精度が向上すると共に、型転写時のストレスから第1の構造物の破壊を回避でき安定的な製造が可能となる。また、同一の型を用いて可動可能な第1の構造物上に設けられた第2の構造物及び第1の構造物上に無い第3の構造物を型転写により形成する事により、位置ずれがなく精密な位置合わせを実現でき微細構造の組立てに有効である。また、型転写を行なう際の型を、光が透過する材料を用いる事により光透過によって型の位置合わせをできる事から、CCDカメラを用いた位置合わせが可能となり生産性が向上する。また、型転写に用いる材料を紫外線硬化樹脂とした場合には、光が透過する型を用いる事で型を通して紫外線照射での硬化を行なう事ができる。紫外線硬化樹脂での型転写は、溶解による型転写に比べ取り扱いが容易でアライメントにかかる時間も十分に取れる事から安定した生産が可能となる。さらに、材料に樹脂やゴムなどガラス、金属に比べ硬度の低い材料を用いて型形成する事により、型転写によって作られた第2の構造物を他の構造物に接しさせて使用する際に密着度が向上するという利点を持っている。

#### 【図面の簡単な説明】

##### 【図1】

図1の(a)及び(b)は、それぞれ本発明の実施の形態1に関わる空間光変調装置の構成図である。

##### 【図2】

本発明の実施の形態1に関わる空間光変調装置の製造方法を示す図である。

##### 【図3】

本発明の実施の形態1に関わる空間光変調装置の製造方法を示す図である。

##### 【図4】

本発明の実施の形態1に関わる空間光変調装置の製造方法を示す図である。

【図 5】

本発明の実施の形態 1 に関わる空間光変調装置の製造方法を示す図である。

【図 6】

本発明の実施の形態 1 に関わる空間光変調装置の製造方法を示す図である。

【図 7】

図 7 の (a) 及び (b) は、それぞれ本発明の実施の形態 2 に関わるマイクロマシン光スイッチング装置の構成及び動作を示す図である。

【図 8】

図 8 の (a) 及び (b) は、それぞれ本発明の実施の形態 2 に関わる流体バルブの構成及び動作を示す図である。

【図 9】

従来の液晶を用いた光スイッチング素子を示す図である。

【符号の説明】

- 1 . . . 導光部
- 2、2A、2B . . . ポスト
- 3 . . . マイクロプリズム
- 4 . . . 反射面
- 5 . . . V溝構造
- 6 . . . 支持台
- 7 . . . アドレス上電極
- 7a . . . アドレス上電極の支持台
- 8 . . . 中間電極
- 8a . . . 中間電極の支持台
- 9 . . . アドレス下電極
- 10 . . . シリコン基板 (ICチップ)
- 11 . . . 電源部
- 12 . . . スイッチ
- 21 . . . 樹脂
- 22 . . . 犠牲層

- 23 . . . 不要樹脂
- 24 . . . 不要反射膜
- 30 . . . マスク
- 31 . . . 反射膜
- 40 . . . 平坦型
- 50 . . . ピエゾアクチュエータ
- 51 . . . 出射側光ファイバー
- 52 . . . 受光側光ファイバー
- 53 . . . 光ファイバー固定台
- 54 . . . 遮光物
- 55 . . . 光ファイバ固定V溝
- 56 . . . マイクロマシン光スイッチ装置
- 57 . . . 光信号
- 58 . . . 空間
- 60 . . . ベース
- 61 . . . 仕切り板
- 62 . . . 流体バルブ
- 63 . . . 弁
- 64 . . . オリフィス
- 65 . . . バイメタルアクチュエータ

---

- 66 . . . 流体の流れ
- 67 . . . 第1の空間
- 68 . . . 第2の空間
- 100 . . . 光スイッチング素子
- 122 . . . 全反射面
- 130 . . . スwitchング部
- 132 . . . 抽出面
- 140 . . . 駆動部
- 170 . . . 入射光

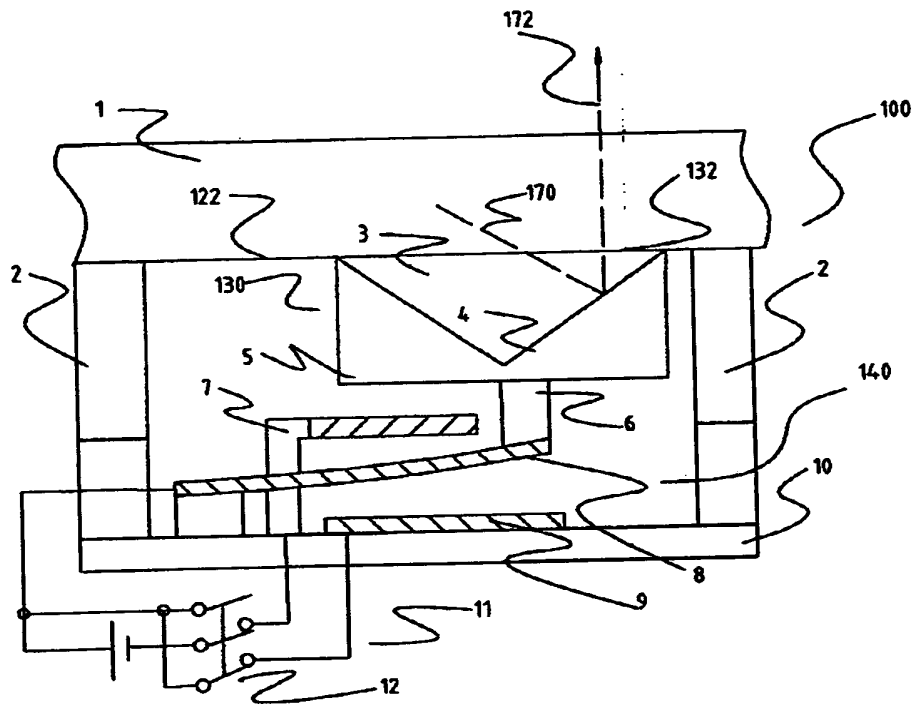


172 . . . 出射光  
903 . . . ガラス板  
904、905 . . . 透明電極  
906、907 . . . 液晶  
908 . . . 偏向板

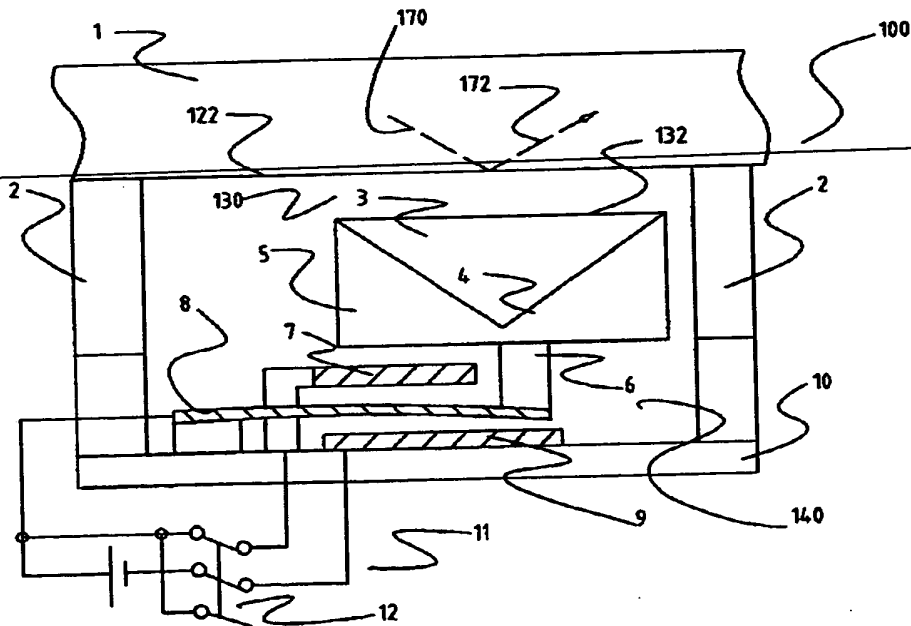
【書類名】 図面

【図 1】

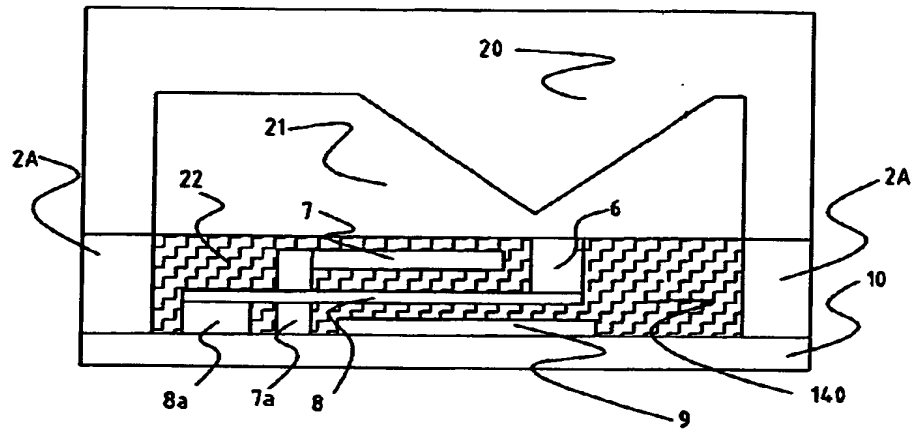
(a)



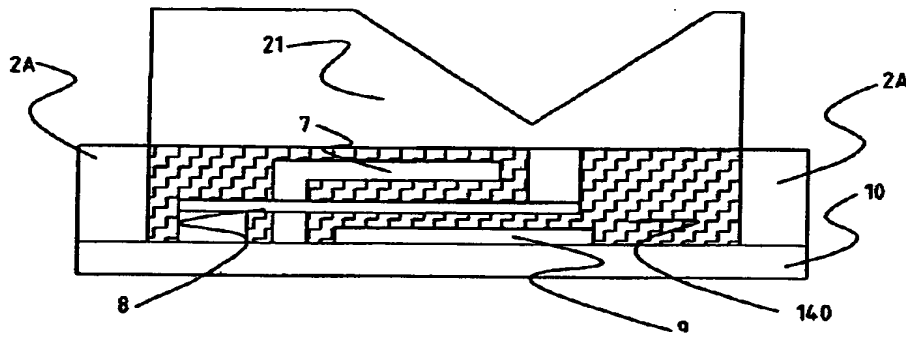
(b)



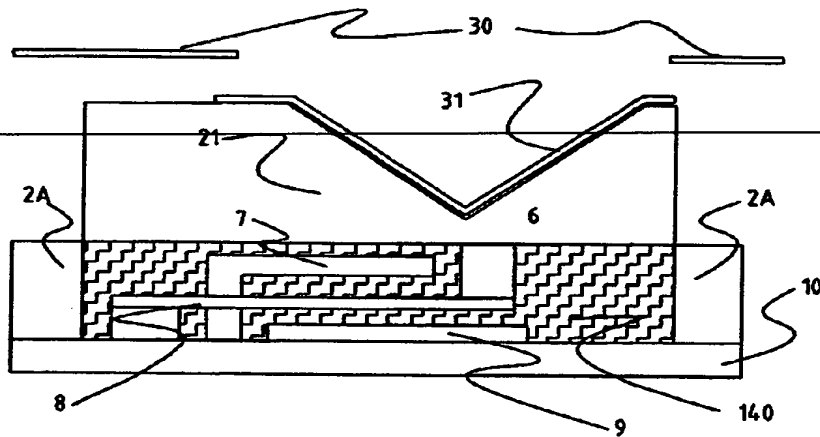
【図 2】



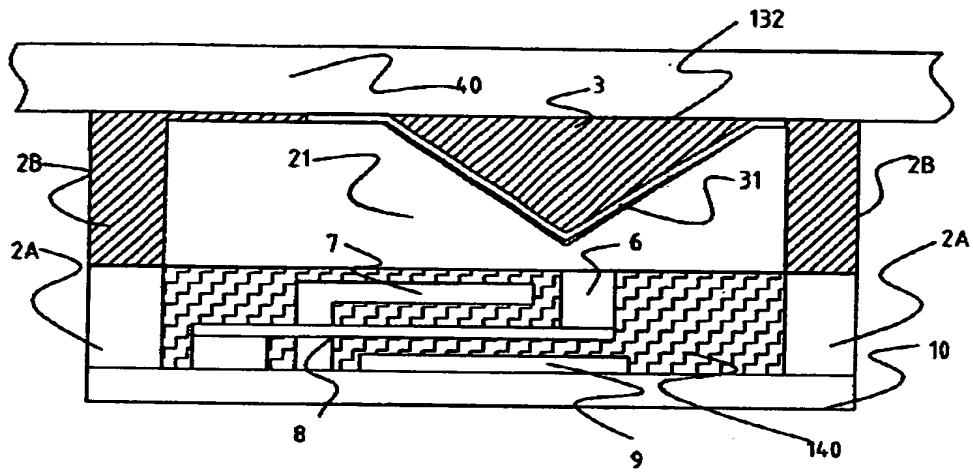
【図 3】



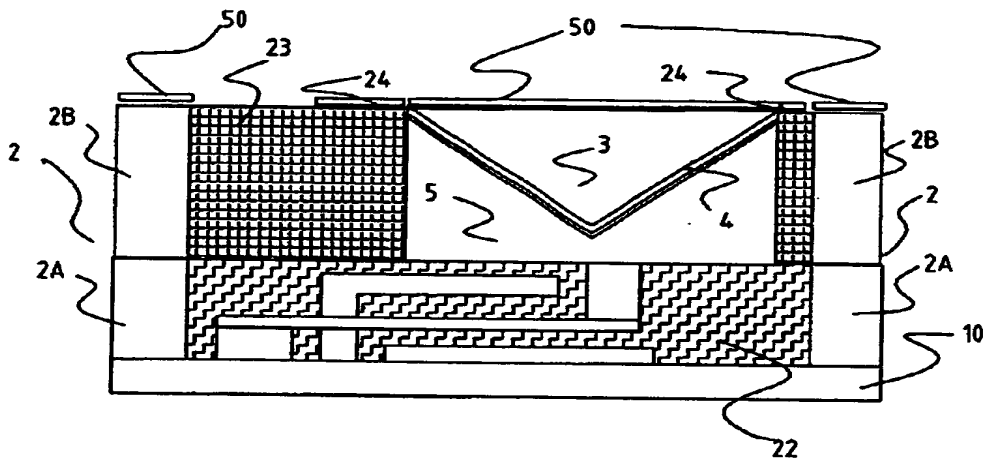
【図 4】



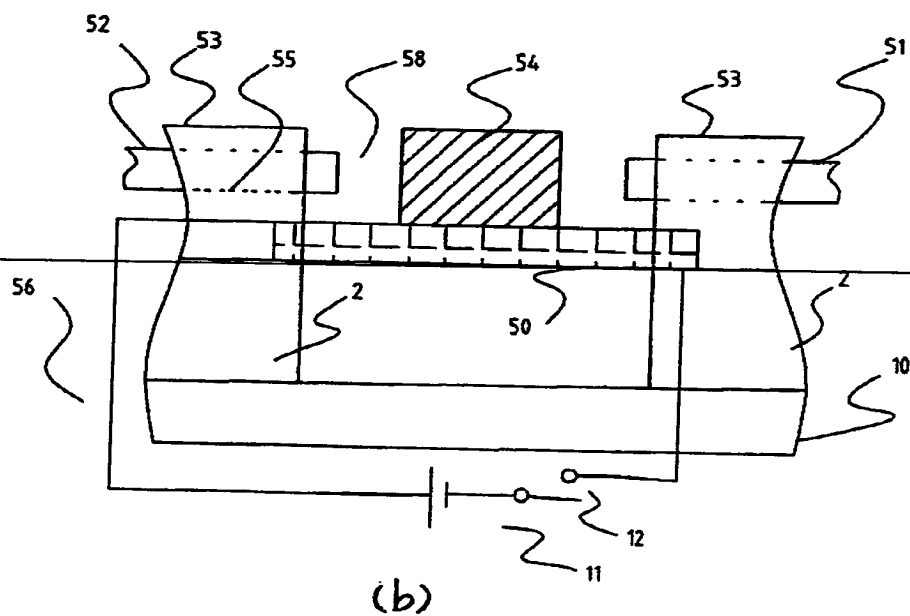
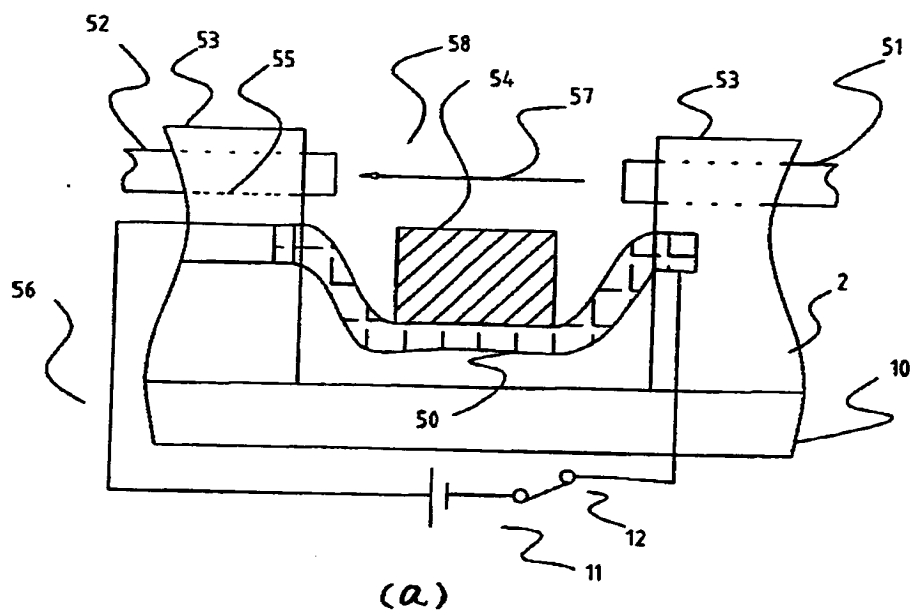
【図 5】



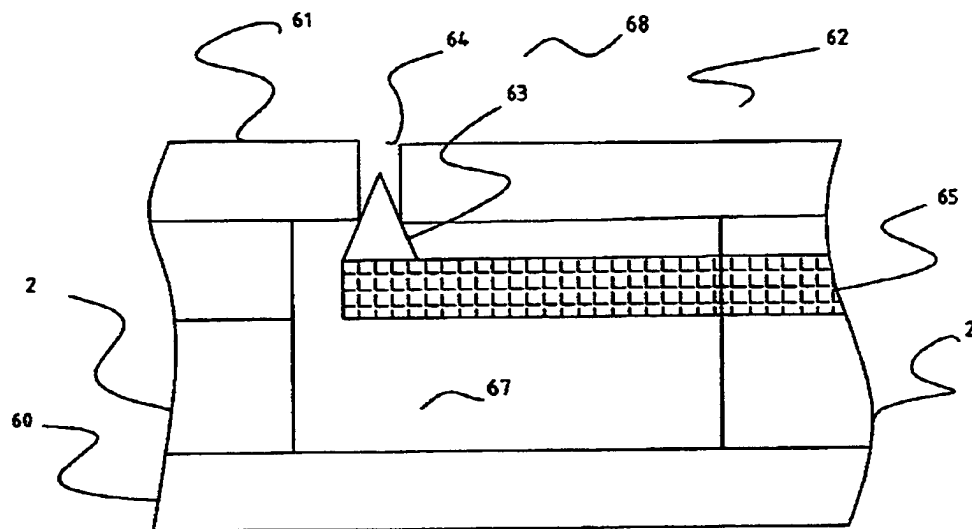
【図 6】



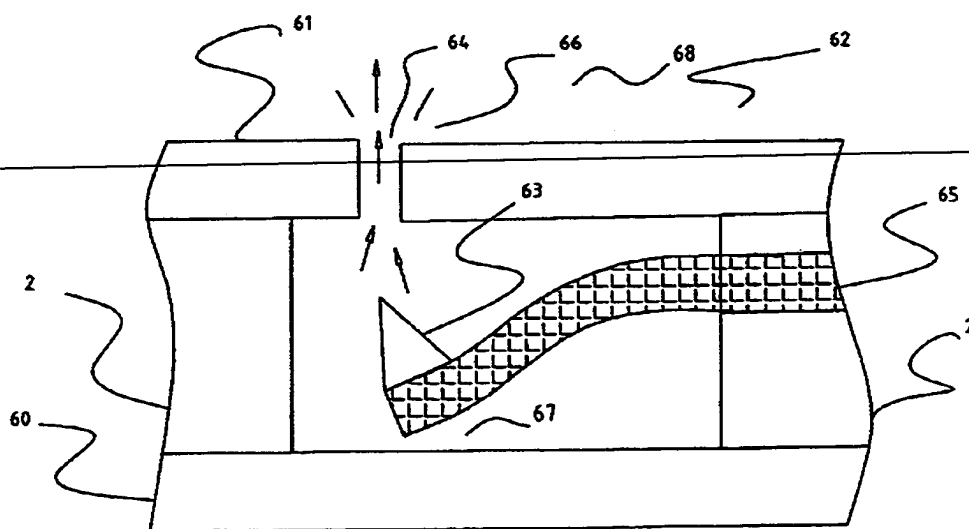
【図 7】



【図 8】

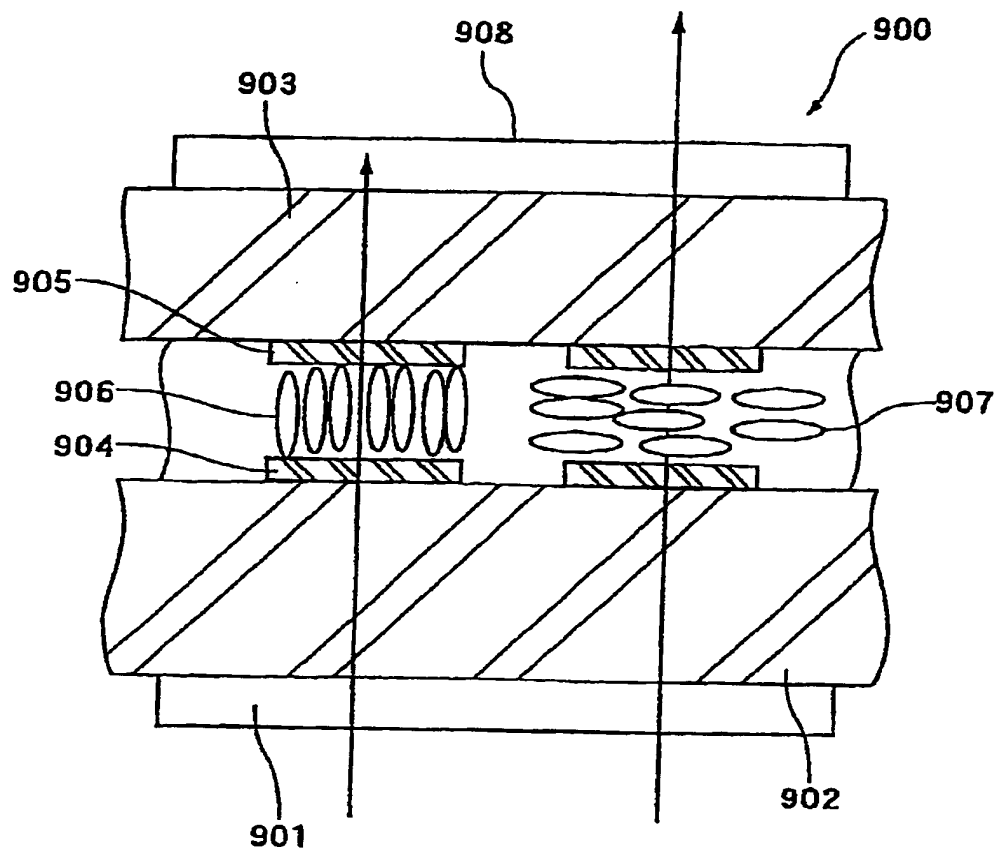


(a)



(b)

【図9】



【書類名】 要約書

【要約】

【課題】 空間光変調装置において、高速で安定的なスイッチングを行なうと共に、精度よくスイッチング行なうため、スイッチング部エバネッセント波を安定的に抽出する。

【解決手段】 駆動部上に型転写により反射面構造、及びマイクロプリズム 3 を形成する事により、高精度のエバネッセント波抽出のスイッチング部を形成する。

【選択図】 図 1



【書類名】 職権訂正データ  
【訂正書類】 特許願

<認定情報・付加情報>

【特許出願人】

【識別番号】 000002369  
【住所又は居所】 東京都新宿区西新宿 2 丁目 4 番 1 号  
【氏名又は名称】 セイコーエプソン株式会社

【代理人】 申請人

【識別番号】 100093388  
【住所又は居所】 長野県諏訪市大和 3 丁目 3 番 5 号 セイコーエプソン株式会社 知的財産部 内  
【氏名又は名称】 鈴木 喜三郎

【選任した代理人】

【識別番号】 100095728  
【住所又は居所】 長野県諏訪市大和 3 丁目 3 番 5 号 セイコーエプソン株式会社 知的財産部 内  
【氏名又は名称】 上柳 雅誉

【選任した代理人】

【識別番号】 100107261  
【住所又は居所】 長野県諏訪市大和 3 丁目 3 番 5 号 セイコーエプソン株式会社 知的財産部 内  
【氏名又は名称】 須澤 修

出 願 人 履 歴 情 報

識別番号 [000002369]

1. 変更年月日 1990年 8月20日  
[変更理由] 新規登録  
住 所 東京都新宿区西新宿2丁目4番1号  
氏 名 セイコーエプソン株式会社